

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 57212395  
PUBLICATION DATE : 27-12-82

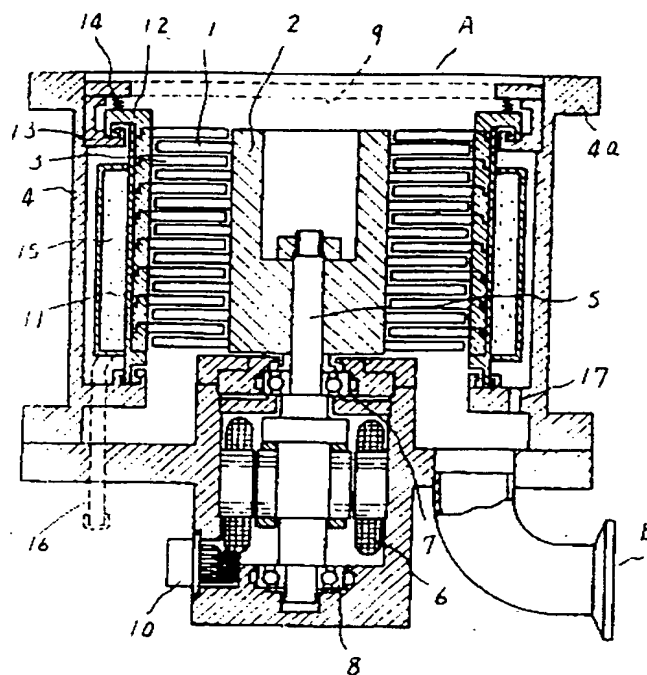
APPLICATION DATE : 24-06-81  
APPLICATION NUMBER : 56096645

APPLICANT : HITACHI LTD;

INVENTOR : UCHIDA MIKIKAZU;

INT.CL. : F04D 19/04

TITLE : MOLECULAR PUMP



ABSTRACT : PURPOSE: To improve the gas exhausting performance of a molecular pump, by increasing the compression ratio by forming, in a casing, a jacket through which a cooling medium is passed, and thereby cooling stator blades of the pump.

CONSTITUTION: Rotor blades 1 are fixed to a rotor 2 which is turned by a motor 6 by the intermediary of a motor shaft 5, while stator blades 3 are fixed to an inner casing 11 formed within a casing 4. Further, a jacket 15 for passing a cooling medium therethrough is formed around the inner casing 11, so as to cool the inner casing 11 and stator blades 3. With such an arrangement, the blade speed ratio is increased as the temperature is lowered, so that the compression ratio of the gas to be exhausted at an inlet port A and at a discharge port B is increased. Therefore, it is enabled to improve the performance for exhausting hydrogen gas and steam difficult to exhaust, in particular, under high vacuum and to improve the gas exhausting performance of the pump in general by preventing diffusion of bearing oil caused by evaporation of the same.

COPYRIGHT: (C)1982,JPO&Japio

⑬ 日本国特許庁 (JP) ⑭ 特許出願公開  
 ⑯ 公開特許公報 (A) 昭57-212395

⑥ Int. Cl.<sup>3</sup>  
 F 04 D 19/04

識別記号

庁内整理番号  
 6459-3H

⑮ 公開 昭和57年(1982)12月27日

発明の数 1  
 審査請求 未請求

(全 4 頁)

③ 分子ポンプ

② 特 願 昭56-96645  
 ② 出 願 昭56(1981)6月24日  
 ② 発 明 者 上田新次郎  
 土浦市神立町502番地株式会社  
 日立製作所機械研究所内

② 発 明 者 内田幹和  
 土浦市神立町502番地株式会社  
 日立製作所機械研究所内  
 ① 出 願 人 株式会社日立製作所  
 東京都千代田区丸の内1丁目5  
 番1号  
 ③ 代 理 人 弁理士 薄田利幸

明 細 書

1. 発明の名称 分子ポンプ

2. 特許請求の範囲

動翼と静翼とを交互に配置し成膜蒸着によつて排気を行う分子ポンプにおいて、前記静翼群を包囲するケーシングに冷却剤が流通するジャケットを取付け、前記ジャケットにおける冷却剤の流通によつて前記ケーシングを介し前記静翼を冷却し、排気性能を高めるようにしてなる分子ポンプ。

3. 発明の詳細な説明

この発明は超高真空を得るためのターボ形分子ポンプに関するものである。

従来の軸流形分子ポンプを図1図について説明する。

図において、1はロータ2に積設された動翼、3は動翼1間に配置されケーシング4に積設された静翼、ロータ2はモータ軸5を介して駆動モータ6に連結されている。モータ軸5は軸受7、8に支承されている。Aは吸込口でこの前方に排気されるべき位置がフランジ4.1に接続されている。

Bは吐出口で気体が排気される。9は吸込口Aに取付けられたメッシュフィルタ、10は駆動モータ6の給電コネクタである。

従来の分子ポンプは上記のように構成されており、ロータ4を分子流レベルの真空中で高速回転させると、動翼1、静翼3の相互作用によつて気体は圧縮され吸込口Aにおける圧力は吐出口Bにおける圧力より著しく小さくなる。いま、成膜気体を分子流レベルにある常圧の空気とし、周速300m/sec程度で回転させると、動翼、静翼よりなる段落当りに対して3〜5の圧縮比が得られるので、図示のような多段に構成すると10<sup>-8</sup>以上の圧縮比を容易に得ることが出来る。したがつて、吐出口B側を油回転ポンプなどで中真空程度までの真空にしておけば吸込口A側において容易に10<sup>-8</sup>Torr以上の超高真空を得ることが出来る。

しかし、超高真空領域においてさらに真度を高めようとする、容器の壁面からの放気ガスがあるが、容器がステンレス材、アルミ材であつて

も、放出ガスの成分としては水素が大きな割合を占めるようになる。

一方、ターボ分子ポンプはその原理からみて分子量の小さいガスについては圧縮比が著しく低下する。

ターボ分子ポンプの圧縮比を示すパラメータとして次のような減速度比Cがある。

$$C = V/a \quad \dots\dots\dots(1)$$

Vは周速で、aは分子の最大確率速度である。

また、aは気体定数R、絶対温度T、分子量Mの関数であり、次式のように表わされる。

$$a = \sqrt{2RT/M} \quad \dots\dots\dots(2)$$

aは分子量Mの1/2乗に反比例するから、分子量Mの小さいガスほど大きくなる。上記分子の最大確率速度aは常温において空気で約410 m/s、水素で約1580 m/sである。周速Vは動翼等の回転体の材料強度の制約からその上限はせいぜい400～450 m/s程度に制限される。したがって、水素に対する減速度比を1程度にすることは容易であるが、水素に対する減速度比は

特に水素など軽いガスに対する圧縮比をあげるようにしたものである。

以下、この発明の実施例を図2図について説明する。

図において、第1図と同じものには同じ符号を付して説明を省略する。動翼1はロータ2に接続されており、この動翼1間には静翼3がケーシング4の内側に配置された内ケーシング11に固定されている。この内ケーシング11は支持フランジ12、13により移動可能にケーシング4に支持されており、例えばねじ14により内ケーシング11は下方方向に常時押付けられる構造になつている。内ケーシング11の外周面には液体窒素、液体ヘリウム等の冷却剤が流通するジャケット15が設けられている。このジャケット15には冷却剤供給源からの冷却剤を送込む導入口16が取り付けられている。

次に、ポンプの運転に際してはまずジャケット15に冷却剤を流通させない状態で運転を開始する。運転は第1図で示した従来の分子ポンプと同

様図57-212395(2)

0.3以下とならざるを得ない。このため、従来のターボ分子ポンプでは、窒素を主成分とする気体に対しては $10^4$ 以上の圧縮比が得られても水素に対してはせいぜい $10^2 \sim 10^3$ 程度の圧縮比しか得られないものであつた。一方、 $10^{-10}$ を上回るような超高真空領域では上記のように壁面からの放出ガスのうち水素の占める割合が多くなるから水素に対する圧縮比を高くとれないという難点がある。このような理由からターボ分子ポンプにより得られる真空度はせいぜい $10^{-7}$  Torr程度で $10^{-9}$ 以上のいわゆる超高真空の領域を得ることは不可能とされていた。

この発明は水素やヘリウムなどの分子量の小さいガスに対する圧縮比を高めたターボ分子ポンプを提供することを目的とするものである。

この発明の特徴とするところは動翼と静翼を交互に配置してなる異率群を包囲するケーシングに液体窒素、液体ヘリウム等の冷却剤が流通するジャケットを収付け、このジャケットにおける冷却剤によつてケーシングを介して異率群を冷却し、

様である。すなわち、分子流レベルの真空中で動翼1を高速回転させると、気体は動翼1、静翼3の相互作用によつて吸込口Aにおける圧力は吐出口Bにおける圧力より著しく小さくなる。吸込口Aにおける残留ガスとしては、通常は水素気、水素などが支配的になつてくる。このような状態になつたとき、この発明では上記のジャケット15に冷却剤、例えば液体窒素を流通させる。これによつて、内ケーシング11、静翼3は液体窒素温度にまで低下する。動翼1部分は静翼3と真空領域を介して隔てられているので断熱性が保たれ、静翼冷却の影響はほとんど受けない。したがって、動翼温度は変化しない。

ポンプ内に飛来するガス分子はまず前静翼に衝突して冷却されて分子速度が低下する。静翼より流出した後、動翼に衝突すると温度が上昇するが、再び静翼に衝突して冷却される。このように異率群を通過するガス分子は冷却と加熱とを交互に繰り返して受けることになるが、平均的には常に比し著しく温度が低下する。温度と最大確率速度

の関係は(2)式に示した通りである。

水素の場合の温度  $T$  と最大回転速度  $\omega$  のときの  
 真空度比  $C$  は次のようになる。ただし、周速  $V$  は  
 $300\text{ m}/\omega$  とする。

$T(\text{K})$	$\omega(\text{m}/\text{s})$	$C(V/\omega)$
300	1580	0.19
150	1116	0.27
100	911	0.33

真空度比  $C$  が 0.19 から 0.27 にあがった場合、  
 圧縮比、排気速度とも 30～40% 程度向上する。  
 また、0.33 まで上がると、圧縮比、排気速度とも  
 60～80% 向上する。放熱数を 1.5 段にすると、  
 圧縮比は真空度比  $C$  が 0.19 の場合に比較し、  
 0.27 の場合は約  $10^2$ 、0.33 の場合は約  $3 \times 10^2$   
 大きくなる。このように、排気を液体窒素  
 で冷却することにより、水素に対する圧縮比は少  
 なくとも 100 倍以上にすることができる。した  
 がって、残留ガスに水素が増大する超高真空領域  
 での排気特性は著しく改善され、ジャケット 15  
 に冷却剤を導入後はあまり長い時間を要すること

特開 57-212335(3)

なく、超高真空に近い領域まで真空度を上げること  
 ができる。尚、ジャケット 15 はケーシング 4  
 の中に収納されており、この空間は連通孔 17 を  
 介してポンプの吐出側空間に連絡されている。し  
 たがつて、運転時には真空に引かれるので、外部  
 に対して断熱されている。また、上記の実施例は  
 鎖状ターボ分子の場合を示したものであるが、遠  
 心式あるいはねじ螺旋式の分子ポンプにおいても同  
 様の効果を得ることにより同様の効果を奏すること  
 ができる。

以上説明したように、この発明によれば下記の  
 効果を得ることができる。

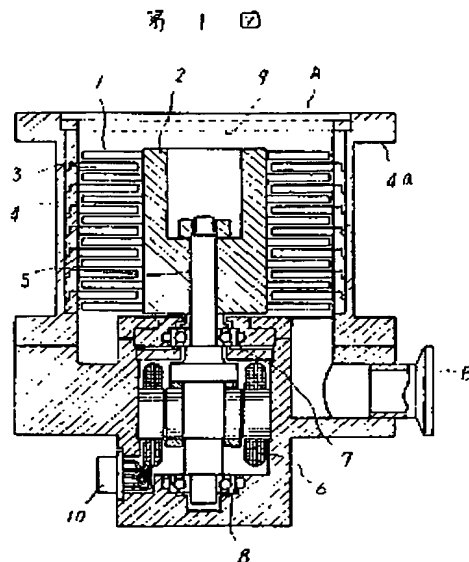
- (1) すべてのガスに対し圧縮比を著しく向上でき  
 る。特に水素に対する圧縮比が大きくなること  
 から超高真空領域での排気特性が大巾に改善さ  
 れ、到達真空度を上げることができる。
- (2) 水素気に対しては冷却剤のコールドランプ  
 を用いるのと同様の効果のあることから、ター  
 ボ分子ポンプの作用を除いても水素気に対する  
 排気作用を有する。

- (3) ターボ分子ポンプの運転停止時においてはジ  
 ャケットに冷却剤を導入しておけば、やはりコ  
 ールドランプの役割を果たすので、吮受部の真  
 空の超高真空側への放散を防ぐことができる。し  
 たがつて、ポンプ停止時も含めて真空容器に対  
 する汚染はなく完全クリーンな真空ポンプを得  
 ることができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

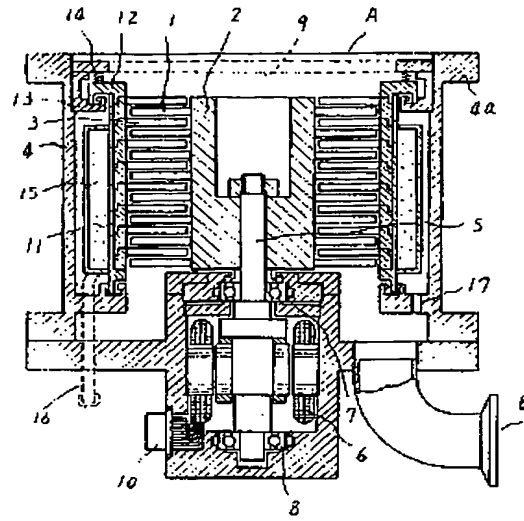
第 1 図は従来のターボ分子ポンプの縦断面図、  
 第 2 図はこの発明の分子ポンプの縦断面図である。  
 1…動翼、3…静翼、4…ケーシング、6…駆動  
 モータ、11…内ケーシング、15…ジャケット。

代理人 井堀士 澤田利雄



特許第57-212395(4)

第 2 図



## 特許法第17条の2の規定による補正の掲載

昭和56年特許願第 96645 号(特開 昭  
57-212335 号, 昭和57年12月27日  
発行 公開特許公報 57-2124 号掲載)につ  
いては特許法第17条の2の規定による補正があっ  
たので下記のとおり掲載する。 § (1)

Int. Cl. 1	識別記号	庁内整理番号
F04D 19/04		8409-3H

昭 62. 8. 19 発行

手 続 補 正 書

特許庁長官 様

昭 62. 5. 22

1. 事件の及 示

昭和56年特許願第 96645 号

2. 発明の名称

分子ポンプ

3. 補正をする者

特許出願人

東京大学工学部 日立製作所

4. 代理人

〒100 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号

株式会社特許事務所 代表 取締役 小川 勝 男

5. 補正の対象 発明の詳細な説明の欄

6. 補正の内容

(1) 明細書の第1頁第13行の「ポンプ」の後に「は、例  
えは特開昭54-117919号公報に記載されており、こ  
の種のポンプ」を加入する。

力 式  
特 許 第 2 号 以 上

(57)

Japanese Patent Laid-Open No. 212395/1982

1. Title of the Invention

Molecular pump

2. Claim(s)

A molecular pump which is a molecular pump alternately arranged with moving blades and stationary blades for discharging by groups of the blades, said molecular pump being attached with a jacket for flowing a cooling agent to a casing surrounding the groups of the blades and the stationary blades are cooled by flowing the cooling agent in the jacket via the casing to thereby promote discharge performance.

3. Detailed Description of the Invention

The present invention relates to a turbo type molecular pump for providing ultra-high vacuum.

An explanation will be given of a conventional axial-flow type molecular pump in reference to Fig. 1.

In the drawing, numeral 1 designates moving blades implanted to a rotor 2, numeral 3 designates stationary blades arranged among the moving blades 1 and implanted to a casing 4 and the rotor 2 is connected to a drive motor 5 via a motor shaft 5. The motor shaft 5 is supported by bearings 7 and 8. Notation A designates an intake port on a front side of which an apparatus to be discharged is connected to a flange 4a. Notation B designates a delivery port where gas is discharged. Numeral 9 designates a mesh filter attached to the intake port

A and numeral 10 designates a power feed connector of the drive motor 6.

The conventional molecular pump is constituted as described above and when the rotor 4 is rotated at high speed in an atmosphere of a molecular flow level, by an interactive action of the moving blades 1 and the stationary blades 3, gas is compressed and pressure at the intake port A becomes significantly smaller than pressure at the delivery port B. Now, assuming that remaining gas is air at normal temperature in a molecular flow level and when rotated at a peripheral speed of about 300 m/s, a compression ratio of 3 through 5 per stage comprising the moving blade and the stationary blade is provided and accordingly, when constituted in multiple stages as illustrated, a compression ratio of  $10^6$  or more can easily be provided. Therefore, when the side of the delivery port B is brought into vacuum up to about intermediary vacuum by an oil rotary pump or the like on the side of the intake port A, ultra-high vacuum of  $10^{-6}$  Torr can easily be provided.

However, when the degree of vacuum is intended to further increase in an ultra-high vacuum region, there are provided discharge gases from a wall face of a vessel and even when the vessel is made of stainless steel material or aluminum material, as a content of discharge gas, hydrogen shares a large rate.

Meanwhile, according to a turbo-molecular pump, in view



of its principle, with regard to a gas having a small molecular weight, the compression ratio is significantly reduced.

As a parameter indicating the compression ratio of the turbo-molecular pump, there is a blade speed ratio  $C$  shown below.

$$C = V / a \dots\dots\dots(1)$$

Notation  $V$  designates a peripheral speed and notation " $a$ " designates a maximum probability speed of molecule. Further, " $a$ " is a function of gas constant  $R$ , absolute temperature  $T$  and molecular weight  $M$  and is expressed as in the following equation.

$$a = \sqrt{2RT/M} \dots\dots\dots(2)$$

" $a$ " is inversely proportional to  $1/2$  power of the molecular weight  $M$  and accordingly, the smaller the molecular weight  $M$  of gas the larger the " $a$ ". At normal temperature, the maximum probability speed " $a$ " is about 410 m/s in the case of air and 1580 m/s in the case of hydrogen. The upper limit of the peripheral speed  $V$  is restricted to about 400 through 450 m/s from restriction of material strength of a rotating member such as a moving blade or the like. Therefore, it is easy to make the blade speed ratio with regard to nitrogen to about 1, however, the blade speed ratio with regard to hydrogen is obliged to be 0.3 or smaller. Therefore, according to the conventional turbo-molecular pump, although the compression

ratio of  $10^6$  or higher can be provided to air having nitrogen as its major component, with regard to hydrogen, the compression ratio of at least about  $10^3$  through  $10^4$  can be provided. Meanwhile, in an ultra-high vacuum region exceeding  $10^{-10}$ , as described above, a rate of discharge gas from the wall face shared by hydrogen is increased and therefore, there is a difficulty that the compression ratio with regard to hydrogen cannot be made high. From such a reason, the degree of vacuum provided by the turbo-molecular pump is at least about  $10^{-10}$  Torr and it is regarded that so-to-speak ultra-high vacuum region of  $10^{-11}$  or higher cannot be provided.

It is an object of the invention to provide a turbo-molecular pump increasing the compression ratio with regard to gas having a small molecular weight such as hydrogen or helium.

A characteristic of the invention resides in that a jacket for flowing a cooling agent such as liquid nitrogen or liquid helium is attached to a casing surrounding groups of blades constituted by alternately arranging moving blades and stationary blades and the groups of blades are cooled by the cooling agent in the jacket via the casing to thereby increase a compression ratio with regard to particularly light gas such as hydrogen.

An explanation will be given of an embodiment of the invention in reference to Fig. 2 as follows.

In the drawing, portions the same as those in Fig. 1 are attached with the same notations and an explanation thereof will be omitted. The moving blades 1 are implanted to the rotor 2 and among the moving blades 1, the stationary blades 3 are fixed to an inner casing 11 arranged on an inner side of the casing 4. The inner casing is movably supported on the casing through support flanges 12, 13, and the inner casing 11 is always pressed downwards by a pressing spring 14. A jacket 15 for flowing a cooling agent of liquid nitrogen, liquid helium or the like is provided at an outer surrounding of the inner casing 11. The jacket 15 is attached with an introducing pipe 16 for delivering the cooling agent from a cooling agent supply source.

Next, in operating the pump, firstly, the operation is started in a state in which the cooling agent is not flowed to the jacket 15. The operation is the same as that in the conventional molecular pump shown in Fig. 1. That is, when the moving blades 1 are rotated at high speed, with regard to gas, the pressure at the intake port A becomes significantly smaller than pressure at the delivery port B by interactive action of the moving blades 1 and the stationary blades 3. As remaining gas at the intake port A, normally, vapor, hydrogen or the like becomes dominant. When such a state is produced, according to the invention, the cooling agent, for example, liquid nitrogen is flowed to the jacket 15. Thereby,

temperature of the inner casing 11 and the stationary blades 3 is lowered to temperature of liquid nitrogen. The moving blade 1 portion is separated from the stationary blades 3 via a vacuum region and therefore, insulation performance is maintained and the portion undergoes almost no influence of cooling of the stationary blades. Therefore, temperature of the moving blades remains unchanged.

Gas molecules flown into the pump firstly collide with the stationary blade disposed at front side and the molecular speed is lowered. After flowing out from the stationary blade, when the gas molecules collide with the moving blade, temperature is elevated, however, the gas molecules collide again with the stationary blade and are cooled. In this way, gas molecules passing through the groups of blades undergo cooling and heating alternately and repeatedly and on an average, temperature thereof is significantly lowered in comparison with normal temperature. The relationship between temperature and maximum probability speed is as shown by Equation (2).

The blade speed ratio  $C$  at temperature  $T$  and maximum probability speed " $a$ " in the case of hydrogen is as follows. Incidentally, the peripheral speed  $V$  is set to 300 m/s.

$T(^{\circ}\text{C})$	$a(\text{m/s})$	$C(V/a)$
300	1580	0.19
150	1116	0.27

100

911

0.33

When the blade speed ratio  $C$  is increased from 0.19 to 0.27, both the compression ratio and exhaust speed are increased by about 30 through 40 %. Further, when the blade speed ratio  $C$  is increased to 0.33, both the compression ratio and the discharge speed are increased by 60 through 80 %. When a number of stages is set to 15 stages, in comparison with the case of the blade speed ratio  $C$  of 0.19, in the case of the blade speed ratio  $C$  of 0.27, the compression ratio is increased by about  $10^2$  and in the case in which the blade speed ratio  $C$  is 0.33, the compression ratio is increased by about  $3 \times 10^4$ . In this way, by cooling the stationary blades by liquid nitrogen, the compression ratio with regard to hydrogen can be increased at least by a multiplication factor of 100 or more. Therefore, discharge performance in an ultra-high vacuum region in which hydrogen is increased in remaining gas, is significantly improved and after introducing the cooling agent to the jacket 15, the degree of vacuum can be increased up to a region near to the ultra-high vacuum without requiring very long time period. Further, the jacket 15 is contained in the casing 4 and the space is connected to the delivery side space of the pump via a communication hole 17. Therefore, the space is vacuumed in operation and therefore, the space is insulated from outside. Further, although according to the above-described embodiment, there is shown the case of the axial-flow

turbo molecular pump, also in the case of a molecular pump of a centrifugal type or a spiral groove type, by cooling stationary blades, similar effect can be achieved.

As has been explained above, according to the invention, the following effects can be achieved.

(1) The compression ratio can significantly be increased with regard to all of gases, particularly, the compression ratio with regard to hydrogen is increased and therefore, exhaust performance in the ultra-high vacuum region is considerably improved and the degree of vacuum which can be reached can be increased.

(2) With regard to vapor, there is achieved an effect similar to that in using a cold trap of a cooling agent and accordingly, there is provided discharge operation with regard to vapor even in eliminating operation of the turbo-molecular pump.

(3) When the operation of the turbo-molecular pump is stopped, by introducing the cooling agent to the jacket, the role of the cold trap is invariably achieved and accordingly, vapor of bearing oil can be prevented from being diffused to the high vacuum side. Therefore, there is not contamination with regard to the vacuum vessel even in stopping the pump and the completely clean vacuum pump can be provided.

#### 4. Brief Description of the Drawings

Fig. 1 is a vertical sectional view of a conventional turbo molecular pump and Fig. 2 is a vertical sectional view

of a molecular pump according to the invention.